

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-335456

(43) 公開日 平成10年(1998)12月18日

(51) Int.Cl.<sup>a</sup>

識別記号

F I

H 0 1 L 21/768

H 0 1 L 21/90

B

21/28

21/28

L

21/3205

21/88

K

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平9-140353

(71) 出願人 595159677

聯華電子股▲ふん▼有限公司

台湾新竹科学工業園區工業東三路3號

(22) 出願日 平成9年(1997)5月29日

(72) 発明者 游 萃蓉

台湾新竹縣竹東鎮北興路三段512號7樓

(72) 発明者 劉 孟昌

台湾嘉義市國華街181巷6號

(72) 発明者 盧 火鑑

台湾台北市復興北路513號3樓

(72) 発明者 孫 世偉

台湾台北市仁愛路四段300巷26弄33號5樓

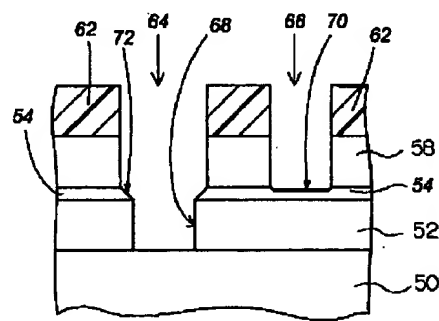
(74) 代理人 弁理士 曾我 道照 (外6名)

(54) 【発明の名称】 集積回路の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 広いプロセス自由度を持ち、大量生産プロセスに容易に適応可能な二重ダマスカスプロセスによる集積回路の製造方法を提供する。

【解決手段】 エッチ・ストップ層54を2レベル連結構造の第1レベルに形成される連結部のパターンに対応する開口部72を形成するためにパターン化した後、この上に金属間誘電体層58を設け、次にフォトリソスト・マスク62をこの上に設け、マスク62の開口部64、66は連結構造の第2レベルに設けられる配線パターンに対応し誘電体層58を部分的に露出させる。誘電体層58はエッチングされこれが進行して層間誘電体層52のストップ層54の開口部72で露出している部分に開口部68が生じる。即ち単一のエッチング工程で第2レベルの配線と第1レベルの連結部の両方のための開口部が画定される。次に金属が構造上に形成され余分の金属が除去されて2レベル連結構造が画定される。



50: 基板

52: 層間誘電体層

54: エッチ・ストップ層

56, 64, 66, 68: 開口部

58: 金属間誘電体層

60: 凹部

62: フォトリソスト・マスク

70: 窪み

72: テーパー付きの線

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1レベルの導体構造と第2レベルの導体構造とを有する集積回路を製造する集積回路の製造方法において、

1つ以上の集積回路装置を包含する基板を設けるステップと、

上記基板上に層間誘電体層を設けるステップと、

上記層間誘電体層上にエッチ・ストップ層を設けるステップと、

上記エッチ・ストップ層をパターン化して、第1レベルの導体構造が形成されるべき位置に対応する開口部をパターン化されたエッチ・ストップ層に画定するステップと、

このパターン化されたエッチ・ストップ層上に金属間誘電体層を設けるステップと、

第2レベルの導体構造が形成されるべき位置に対応する開口部を有する第2レベルのマスクを上記金属間誘電体層上に形成するステップと、

上記第2レベルのマスクの開口部を通してエッチングを行って上記金属間誘電体層に第2レベルの導体開口部を形成するとともに、上記パターン化されたエッチ・ストップ層の開口部を通してエッチングを行って上記層間誘電体層に第1レベルの導体開口部を形成するステップと、

上記第2レベル導体開口部及び第1レベル導体開口部の中に金属を設けるステップと、

を備えたことを特徴とする集積回路の製造方法。

【請求項2】 上記金属間誘電体層の上から金属を除去し、上記第2レベル導体開口部と第1レベル導体開口部との中に金属を残すステップをさらに備えたことを特徴とする請求項1に記載の集積回路の製造方法。

【請求項3】 上記金属を除去するステップは、上記金属間誘電体層の周囲部分と同一の平面内に存在する上面を有する金属プラグを上記第2レベル導体開口部中に残すことを特徴とする請求項2に記載の集積回路の製造方法。

【請求項4】 上記金属を除去するステップは、上記金属プラグおよび上記金属間誘電体層の上に平らにされた表面を残すことを特徴とする請求項3に記載の集積回路の製造方法。

【請求項5】 上記金属を除去するステップは、化学機械研磨又はエッチングを含むことを特徴とする請求項4に記載の集積回路の製造方法。

【請求項6】 上記金属を除去するステップは、化学機械研磨により達成されることを特徴とする請求項4に記載の集積回路の製造方法。

【請求項7】 上記層間誘電体および金属間誘電体は酸化珪素から成ることを特徴とする請求項1に記載の集積回路の製造方法。

【請求項8】 上記エッチ・ストップ層は窒化珪素から

成ることを特徴とする請求項7に記載の集積回路の製造方法。

【請求項9】 上記第2レベルのマスクの開口部は、上記パターン化されたエッチ・ストップ層の開口部より直径が大きいことを特徴とする請求項1に記載の集積回路の製造方法。

【請求項10】 上記パターン化されたエッチ・ストップ層は、上記層間誘電体をエッチングするための硬質マスクとして作用することを特徴とする請求項1に記載の集積回路の製造方法。

【請求項11】 上記パターン化されたエッチ・ストップ層の開口部には、このパターン化されたエッチ・ストップ層の開口部の上側部分の直径が下側部分の直径より大きくなるようにテーパが付いていることを特徴とする請求項1に記載の集積回路の製造方法。

【請求項12】 上記層間誘電体と金属間誘電体とは酸化珪素から成り、上記エッチ・ストップ層は窒化珪素から成り、上記エッチ・ストップ層は上記層間誘電体層と金属間誘電体層との両方に接していることを特徴とする請求項1に記載の集積回路の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、集積回路装置における配線構造の形成に関し、特に、二重ダマスカス(Damascene)法による路、相互に連結した金属処理された物及び配線の形成に関する。

## 【0002】

【従来の技術】高度に集積された半導体回路の多くは、装置内の領域同士を結合させるとともに該集積回路内の1個以上の装置同士を結合させるための多レベル配線構造を利用する。その様な構造を形成する際には、第1の、即ち下側のレベルの配線又は連結構造を設け、次にその第1レベルの配線又は連結構造と接触させて第2レベルの配線を形成するのが普通である。第1レベルの連結部を、集積回路装置の基板内のドーピングされた領域と接触させて形成することもできる。また、第1レベルの連結部を、集積回路装置の基板内の又はその上の1つ以上の装置構造と接触しているポリシリコン又は金属配線へ形成することもできる。1つ以上の連結部が通常は第1レベル配線又は連結部と集積回路装置の他の部分との間に又は該集積回路装置に付いている外部構造へ形成される。これは、部分的には、第2レベルの配線を通して実現される。

【0003】2レベル配線構造を形成するための1つの従来の方式が図8ないし図14に示されている。始めに図8を参照すると、集積回路の装置構造が形成されている基板10の上に2レベル連結構造が形成されている。普通は、基板10は、MOSFETやバイポーラトランジスタ等の構造と、集積回路の他の部分又は集積回路のために設けられているI/O端子に結合されるべきドー

ピングされている接点領域とを含んでいる。基板10の表面は、1つ以上のドーピングされた領域を含むシリコン装置構造の表面であり、或いは基板10の表面は絶縁層である。通常、基板10の表面が絶縁層である場合には、その層の厚みは1,000Åを上回り、その層は該基板内の装置に結合された導体で満たされた垂直連結部を含む。酸化物層12は、通常、2レベル連結構造を形成するプロセスの最初の工程としてTEOSソースガスから化学蒸着(chemical vapor deposition(CVD))により基板10の上に4,000~6,000Åの厚みに設けられる。

【0004】第1レベル連結構造の位置は、第1レベル連結構造が形成されることになる位置で酸化物層12に開口部14を形成する(図9)従来の写真製版プロセスにより画定される。一般に、開口部14は、それに連結部が形成されることになる基板内の導体又はドーピングされた領域の全体又は一部を露出させる。開口部14は金属性連結部16で満たされるが、それは、例えば、接点開口部14の内面と基板10の露出された表面との上の薄い”にかわ”又は接着材層から成る。適当な接着材層は、窒化チタン(titanium nitride)や、超硬合金を含むその他の伝導性材料を包含する。開口部14の残りの部分は連結部16を形成するタングステン等の金属で満たされる。連結部のタングステン部分は、CVD又は選択的CVDを行い、次にエッチバック又は研磨プロセスを行うことにより形成されることができる。その結果としての構造が図10に示されている。

【0005】次に図11を参照すると、酸化物層12の表面と金属プラグ16との上に第2レベルの配線に適する厚みの金属層18が設けられる。金属層18は、パターン化されて第2レベルの配線とされるものであって、アルミニウムの単一の層であり、或いは層18は、超硬合金を含む多層配線構造であるか又は他の割合に安価な金属とともに超硬合金を含む化合物である。第2レベルの配線20は、金属層18の上にフォトレジストの層を設け、マスクを通してそのフォトレジストを露光し、露光したフォトレジストの層の部分を除去してフォトレジストのエッチマスクを形成することにより、従来の写真製版プロセスで画定される。フォトレジスト・マスクの開口部により露出される金属層18の部分がエッチングにより除去され、フォトレジスト・マスクが灰化により除去されて図12に示されている構造が形成される。図12に示されている2レベル連結構造が形成された後、集積回路装置を更に処理し得るようにするために、第2レベル配線同士の間にある且つ第2レベル配線を覆う金属間誘電体(IMD: intermetal dielectric)層を設ける必要がある。この金属間誘電体層は、プラズマ強化化学蒸着(plasma enhanced chemical vapor deposition (PECVD))又はその他のCVDプロセスにより設けられる酸化物の1つ以上の層から成っていてよい。この様にし

て形成された金属間誘電体層22は一般に、図13に示されているように、不均一な表面形状を持っている。従って、例えば化学機械研磨(chemical mechanical polishing (CMP))により金属間誘電体層22を平らにして、図14に示されているように平らな金属間誘電体層24を形成しなければならない。

【0006】図14の2レベル連結構造を形成するために使われる方法にはいろいろな欠点がある。導体又は配線の中に銅を使用するような将来のアプリケーションについては、適当なエッチング薬剤及び方法が未だ確認されていないので、銅金属のエッチングは非常に困難である。従って、化学的エッチングプロセスで金属層をパターン化する方法に依存しないような配線形成方法を利用することが望ましい。装置の寸法が小さいことも、上記の配線形成方法に困難を生じさせる。誘電体層中の開口部に金属を装入したり誘電体材料を金属線間の割合に狭い開口部に装入することは、空隙が生じたり不純物を捕獲してしまうことのある困難なプロセスである。連結部及び配線が小さくされ、配線間の間隔が狭くされるに連れて、特にこのことが言える。この様な事情があるので、図14の構造を形成するプロセスはかなり高率の欠陥の発生を示し、それは設計尺度が小さくなるに従って大きくなると予想される。図8~図14のプロセスは、配線間のスペースを蒸着プロセスで充填することを必要とするので、図8~図14のプロセスは、装置の製造に用いられる設計尺度を更に小さくするには向いていない。また、2レベル連結構造の完成後に金属間誘電体層に所要の平坦面を設けるために付加的な処理工程が必要である。処理工程の数を減らせば、装置を製造するのに必要な時間が短くなり、また処理工程を無くせば歩留まりが向上してコストが低下するのであるから、できれば、装置を形成するために必要な処理工程の数を減らすのが望ましい。これらの事情から、多レベル連結構造を作る他の方法が開発されている。

【0007】従来の連結構造形成プロセスに代わる1つのプロセスは、いわゆる二重ダマスкас(Dual Damascene)プロセスである。二重ダマスкасプロセスは小さな設計尺度に容易にスケールリングすることが可能であり、殆どの二重ダマスкасプロセスは当然に連結構造上に平らな最終面を作る。従って、二重ダマスкасプロセスを使用する場合には、図8~図14に示されている方法よりも少数のプロセス工程で、更なる処理工程を行うのに適した面を得ることができる。二重ダマスкасプロセスのいろいろな局面が図15~図21に示されている。図8~図14に示されている普通の連結プロセスの場合と同じく、二重ダマスкасプロセスも、図15に示されているように、始めに酸化物層12を基板10の上に設ける。後のエッチング工程に用いられる割合に薄い窒化珪素エッチ・ストップ層30が酸化物層12の上に設けられる(図16)。図17に示されているように、金属間誘

電体(intermetal dielectric)層32がエッチ・ストップ層30の上に設けられる。通常、この金属間誘電体材料として酸化珪素が選択されるので、第2レベルの連結部のための開口部が酸化珪素層30に設けられるときに下側の窒化珪素層30は効果的なエッチ・ストップとなる。金属間酸化物層32の厚みとしては、第2レベルの金属配線に適する厚みが選択され、それは通常は4,000~6,000Å以上である。

【0008】一連の写真製版工程が実行され、始めに第2レベルの配線のパターンが画定され、次に連結構造の第1レベル内の連結部のパターンが画定される。金属間酸化物層32上にマスクが形成され、そのマスクは第2レベルの配線のための配線パターンに対応する開口部のパターンを含んでいる。次にそのフォトレジスト・マスクの開口部を通してエッチングを行うことにより金属間酸化物層32に開口部34が形成される。エッチング工程は始めに金属間酸化物層32を通して進行して、開口部34同士の間金属間酸化物層の残存部分36を残す。この始めのエッチング工程は窒化珪素層30上で停止し、次にエッチングは開口部34と整列して行われて窒化珪素層30を貫通し、開口部34の両側に窒化珪素層の残存部分38を残す。次に灰化によりフォトレジスト・マスクが除去されて、図18に示されている構造が作られる。一般に、後の写真製版工程で第1レベルの連結部を画定する必要があるため、一般に、パターン化された金属間酸化物層36における開口部34の幅は写真製版分解能限界より大きくなければならない。開口部34を分解能限界より大きく形成しておけば、第1レベルの連結部を形成するために使用される工程についてのプロセス自由度が大きくなる。

【0009】次に図19を参照すると、従来の写真製版法により図18の装置の上にフォトレジスト・マスク40が形成される。開口部34内にある第1酸化物層12の選択された部分を露出させる開口部42がマスク40に設けられる。フォトレジスト・マスク40の開口部42内で露出している第1酸化物層12に対してエッチングが実行されて、連結構造の第1レベルを形成する連結部のパターンが画定される。次にフォトレジスト・マスク40は灰化により除去される。次に、金属の層44が装置上に設けられて、金属間酸化物層36の開口部を満たすとともに第1酸化物層12の開口部を満たす。図20に示されているように金属間酸化物36及び第1酸化物層12の両方の開口部が完全に満たされることを保証するために、普通は金属間酸化物層36の開口部34を過充填する。その後、通常はCMPプロセスで余分の金属が除去されて、図21に示されている2レベル連結構造の第2レベルの金属配線46と第1レベル連結部48とが設けられる。図21に示されているように、最後のCMP工程の結果として、その後の処理工程に良く適する平らな表面が設けられる。

#### 【0010】

【発明が解決しようとする課題】図15~図21に示されている二重ダマスカスプロセスは、図8~図14に示されている従来のプロセスに比べると幾つかの利点を与える。しかし、図15~図21に示されているプロセスは、プロセス技術の観点からは非常に負担が大きい。従って、より広いプロセス自由度を持っていて、大量生産プロセスに容易に適合させることのできる二重ダマスカスプロセスを開発するのが望ましい。

#### 【0011】

【課題を解決するための手段】この発明の1つの方針によると、第1レベル及び第2レベルの導体構造を含む集積回路が、1つ以上の集積回路装置を包含する基板上に形成される。始めに層間誘電体層が、次にエッチ・ストップ層が該基板上に設けられる。第1レベルの導体構造が形成されるべき位置に対応する開口部を該エッチ・ストップ層に画定するために該エッチ・ストップ層がパターン化される。次にこのパターン化されたエッチ・ストップ層の上に金属間誘電体層が設けられる。第2レベルの導体構造が形成されるべき位置に対応する開口部を有する第2レベルのマスクが該金属間誘電体層の上に形成される。この方法では、次にこの第2レベルのマスクの開口部を通してエッチングを行って該金属間誘電体層に第2レベル導体開口部を形成するとともに、パターン化されたエッチ・ストップ層の開口部を通してエッチングを行って該層間誘電体層に第1レベル導体構造を形成する。金属が該第2レベル導体開口部と該第1レベル導体構造との中に設けられる。

【0012】図15~図21に示されている従来の二重ダマスカスプロセスは、図18の構造の不均一な形状の上に厚いフォトレジスト層40を形成することを必要とする。従って、フォトレジスト・マスク40に明瞭に画定された開口部42を設けるためにフォトレジスト・マスク40の厚み全体を露光させるには、長い焦点深度を持っていなければならない。現代の製造プロセスに好都合な種類の高分解能パルスモーター (steppers) では、図19に示されているフォトレジスト・マスクの形成に必要な焦点深度を提供するのは非常に困難である。このプロセス工程は、集積回路装置の上に通常存在する不均一な表面形状の上で実行されるときには、なおさら困難である。この発明の好ましい実施の形態では、金属間酸化物層を付ける前に従来の二重ダマスカスプロセスのエッチ・ストップ層をパターン化することによって、その様な厚いフォトレジスト・マスクの必要を無くするとともに、それに伴う長焦点深度写真製版プロセスを行う必要を無くする。この様に、この発明の好ましい実施の形態では、従来の二重ダマスカスプロセスの図19に示されている構造より遥かに平らな構造の上にフォトレジスト・マスクを形成する。すると、より均一な厚みを持ったフォトレジスト・マスクを設けることができるととも

に、最高の分解能のパルスモーターを用いるのに好都合であるように、より小さな焦点深度でマスク露光工程を実行することができる。

#### 【0013】

【発明の実施の形態】この発明の特に好ましい実施の形態では、第1酸化物層を基板の上に設け、該第1酸化物層をエッチ・ストップ層で覆うことにより2レベル連結構造が形成される。このエッチ・ストップ層は、2レベル連結構造の第1レベルに後に形成されるべき連結部のパターンに対応する開口部を形成するためにパターン化される。エッチ・ストップ層がパターンされた後、金属間酸化物層がエッチ・ストップ層の上に設けられ、その中に第2レベルの配線が形成されることになる。エッチ・ストップ層は比較的薄いので、エッチ・ストップ層内の連結部パターン化により金属間酸化物層の表面に形成される形状は比較的小さい。次に金属間酸化物層の上にマスクが形成され、そのマスクの開口部は、連結構造の第2レベルに設けられるべき配線のパターンで該金属間酸化物層のいろいろな部分を露出させる。金属間酸化物層はエッチングされ、このエッチングのプロセスは第1酸化物層の、エッチ・ストップ層の開口部に対応して該第1酸化物層に開口部を形成するためにエッチ・ストップ層の開口部を通して露出される部位の中まで継続する。要するに、エッチ・ストップ層は第1酸化物層に連結部パターンをエッチングするプロセスのために硬質マスクとして作用する。この様に、単一のエッチング工程で第2レベルの配線と第1レベルの連結部との両方のための開口部が画定される。次に金属が該構造の上に堆積され、最終2レベル連結構造を画定するために余分の金属は例えば研磨により除去される。

【0014】次に、特に図1～図7を参照してこの発明の好ましい実施の形態について説明をする。以下の記述は第1レベルの連結部と第2レベルの配線とに関してなされているけれども、2層の配線間の接点及び隣り合っていない導体層同士の間接点の形成にこの発明の特徴を適用することができることが理解されるべきである。従って、配線構造の第1レベルと第3レベル又はその他のレベルとの間の連結部を形成するのにこの発明の特徴を用いることが可能である。この発明の連結部形成方法は、基板50の中に集積回路装置が形成された後に開始されるのが好ましい。この連結部形成方法は、最初に基板50の表面上に層間誘電体層(interlayer dielectric layer)52を付ける(図1)。層間誘電体層52は、PECVDプロセス、低圧化学蒸着(a low pressure chemical vapor deposition (LPCVD))プロセス、又はその他の誘電体蒸着プロセスによって数千オングストローム以上の厚みに蒸着された酸化物層であってよい。これらのプロセスのいずれも、例えばTEOSソースガスを使用することができる。しばしば、基板50の表面は、集積回路装置内の装置構造に対応する不均一な形状

となっている。従って、2レベル連結構造を形成する前に層間誘電体層52の表面を平らにするのが好ましい。平坦化をエッチバック・プロセスにより行うことができるけれども、CMPを使用して行うのがもっと好都合である。層間誘電体層52の最終の厚みは、下側の集積回路装置の形状によって決まるので、デザインによりまちまちである。層52を通して形成される連結部の高さは、層間誘電体層52の厚みにより決まる。

【0015】層間誘電体層52の平らにされた表面の上にエッチ・ストップ層54が付けられる(図2)。エッチ・ストップ層54の材料としては、該エッチ・ストップ層の下層間誘電体層52及び該エッチ・ストップ層の上に形成される後述の金属間誘電体層58のいずれとも異なる材料を選ぶのが好ましい。通常、層間誘電体層52と金属間誘電体層58とはともに酸化物であるのが好都合であるので、エッチ・ストップ層54として適当なのは窒化珪素である。エッチ・ストップ層として役立つために酸化珪素とは十分に異なっている上に、窒化珪素には絶縁体であるという別の利点もあって、このことは、エッチ・ストップ層が一般に完成した連結構造中に残されていて異なる配線間に広がるものであるので、望ましいことである。エッチ・ストップ層54は、後の処理工程で装置の表面形状に対するエッチ・ストップ層の影響をなるべく小さくするために、薄くされるのが好ましい。一方、エッチ・ストップ層54は、金属間誘電体層及び層間誘電体層の両方のエッチングの工程全体を通じてエッチ・ストップ層として機能するために十分に厚くしなければならない。また、エッチ・ストップ層は、層間誘電体層52中の連結開口部をエッチングするときに硬質マスクとして作用するために十分な厚みを持っていなければならない。窒化珪素エッチ・ストップ層54の適当な厚みは約200～1,500Åであろう。

【0016】次に、層間誘電体層52内の第1レベルの連結部が形成されるべき位置に対応してエッチ・ストップ層54に開口部を設けるためにエッチ・ストップ層54がパターン化される。従って、窒化珪素層54の連結部が形成されるべき部位を露出させる適当な開口部を提供するマスクが窒化珪素層54の上に形成され、次に層間誘電体層52のいろいろな部位を露出させる開口部56を設けるために窒化珪素エッチ・ストップ層54がエッチングされる。まだ形成されていない金属間誘電体層の表面形状に対するエッチ・ストップ層54を通しての開口部56の影響をなるべく少なくするために、窒化珪素エッチ・ストップ層54を通して開口部56を形成するエッチングのプロセスは層間酸化物層52の、下にある面上で停止するのが好ましい。開口部56を形成するプロセスにおいて層間酸化物層52の表面に凹部が形成されないのが好ましい。この発明の誘電体層及びエッチ・ストップ層に対して実行されるこのエッチング工程及びその他のエッチング工程は、ラムリサーチ・レインボ

ーシステム(the Lam Research Rainbow system)等のエッチング・システムで有利に実行することのできる工程である。このラムリサーチ・レインボーシステムは、エッチング・プロセスの選択度を調節するためにいろいろな量のHBr及びHe等の他のガスと混合されたSF<sub>6</sub>又はC<sub>2</sub>F<sub>6</sub>等の1種類以上のソースガスから得られるエッチング液を使用する。このようなシステムでは、酸化珪素と窒化珪素との間のエッチ・プロセスの選択度を広範囲にわたって自動的に調節することができる。従って、窒化珪素エッチ・ストップ層54をエッチングするために使用されるエッチング・プロセスでは、窒化珪素をエッチングするけれども酸化珪素はなるべくエッチングしないように選択度が調節される。このときの層間酸化珪素層52のエッチングは後の写真製版プロセスでより大きな焦点深度を必要とするので、今のところは望まれているわけではないけれどもいろいろなバリエーションが可能である。次に、窒化珪素エッチ・ストップ層54をパターン化するために使われたマスクが除去されて、図3に示されている構造が形成される。

【0017】次に金属間誘電体層(intermetal dielectric layer)58が、パターン化されたエッチ・ストップ層54の上に付けられる(図4)。既に説明したように、金属間誘電体層58は、層間誘電体層52と同じ材料とエッチ・ストップ層54とは異なる材料とから形成されるのが好ましい。このようなものであると、金属間誘電体層58は酸化珪素の層であるのが好ましい。第2レベルの配線の厚みは金属間酸化物層の厚みにより決定されることになるので、金属間酸化物層58は、CVDプロセスによりTEOS前駆物質又はSiH<sub>4</sub>ソースガスから第2レベルの配線に適当な厚みに蒸着されてもよい。この装置構造では、第2レベルの配線の厚みは4,000~8,000Å程度であろうから、金属間酸化物層58は4,000~8,000Å程度の厚みに蒸着される。エッチ・ストップ層54の開口部56の存在に対応して金属間酸化物層58の表面に割合に小さな凹部60が形成される。凹部60の深さは、例えば図18に示されているような、従来の二重ダマスカスプロセスに存在する形状より遥かに小さいので、凹部60は、第2レベルの配線のためのパターンを画定するのに使用される写真製版工程において金属間誘電体層58の上に設けられるフォトレジスト層を通して焦点を維持する上で割合に小さな問題となるに過ぎない。

【0018】ここで図5を参照すると、フォトレジスト・マスク62が金属間酸化物層58の上に形成される。マスク62は、金属間酸化物層58に形成されるべき第2レベルの配線のパターンに対応する開口部のパターンを有する。フォトレジスト・マスク62の開口部64の幾つかは、エッチ・ストップ層54の、第1レベルの連結部が第2レベルの配線の部分の下に形成されるべき開口部56の上に配置されている。フォトレジスト・マ

スク62の他の開口部66は、第2レベルの配線が形成されるけれども第1レベルの連結部は形成されない位置の上に形成される。エッチ・ストップ層54の開口部56の上のフォトレジスト・マスク62の開口部64を僅かに広く形成するのが好ましいかも知れない。この様にフォトレジスト・マスク62の開口部64がより広ければ金属間酸化物層58により広い開口部が形成されることになるので、製造プロセスにおいて幾つかの利点を得ることができる。第1に、エッチ・ストップ層の開口部56に関して、従って第1レベルの連結部に関して、第2レベルの配線のアライメントをとるのが容易になる。また、金属間酸化物層58に生じる開口部がより広ければ、金属蒸着プロセスで充填されるべき穴の縦横比が小さくなり、従って第1レベルの連結部を形成するプロセスにおいて穴を満たすのが容易となる。

【0019】次に、酸化物に対して非常に選択度の高いプロセスにより、即ち、酸化物を容易にエッチングするけれどもエッチ・ストップ層54の材料(窒化珪素)をなるべくエッチングしないエッチング・プロセスにより、フォトレジスト・マスク62の開口部64、66を通して金属間酸化物層58がエッチングされる。適当な選択度を有するエッチング・プロセスを、例えば、CHF<sub>3</sub>、Ar又はN<sub>2</sub>と混合されたC<sub>4</sub>F<sub>8</sub>/CO又はCF<sub>4</sub>を含むソースガスの混合物から得られるエッチング液を用いて達成することができる。この様にして、第2レベルの配線が形成されるべき開口部を金属間誘電体層58内に画定するために、エッチング・プロセスにより金属間酸化物層58のフォトレジスト・マスクにより露出されている部分が全て除去される。このエッチング・プロセスは、フォトレジスト・マスク開口部66の、頑丈なエッチ・ストップ層54の上に位置する部分の中の窒化珪素エッチ・ストップ層54上で停止する。窒化珪素エッチ・ストップ層54の開口部56の上に位置するフォトレジスト・マスク開口部64の中では、エッチング・プロセスは層間誘電体酸化物層52の中まで進行してエッチ・ストップ・マスク開口部56と整列した開口部68が形成され、エッチ・ストップ層54は部分的にこのプロセスのための硬質マスクとして作用する。層間誘電体酸化物層52は後に装置の第1レベル連結部を設けるために金属で満たされる。

【0020】第2レベルの配線と第1レベルの連結部とを形成するのに使用されるエッチング・プロセスは、酸化物に対して高い選択度を持っているけれども窒化珪素エッチ・ストップ層54を実質的にはエッチングしない。高い選択度を持つてはいるけれども、金属間酸化物層58に開口部を形成するのに使用されるエッチング・プロセスは、窒化珪素エッチ・ストップ層54の露出している表面をなお少しエッチングする。従って、露出しているエッチ・ストップ層54の表面がエッチングされて、エッチ・ストップ層の開口部の上に位置しないフォ

## 11

トレジスト・マスクの開口部66の中に僅かな窪み70が生じる。エッチ・ストップ層54の開口部56の縁もこのプロセスで僅かにエッチングされて、エッチ・ストップ層の開口部にテーパ付きの縁72が生じる。エッチ・ストップ層54の開口部にこの様なテーパ付きの縁72が生じると、金属間誘電体層52の中の開口部68を満たす能力が向上するので、この様なテーパ付きの縁の形成は好都合である。テーパ付きの縁72が存在するために金属間誘電体層52の開口部68の上にオーバーハングを形成する傾向が減退する。この様な事情があるので、金属間酸化物層58と層間酸化物層52とをエッチングするのに使用されるプロセスがエッチ・ストップ層54の開口部56の縁に沿ってテーパ72を生じさせないのであれば、金属間誘電体層58をエッチングした後にエッチ・ストップ層54の開口部の縁に対して等方性エッチング・プロセスを行ってエッチ・ストップ層の開口部にテーパ付き側壁を形成するのが望ましいであろう。

【0021】図5の構造が完成した後、フォトレジスト・マスク62が灰化により除去されて、図6に示されているように、金属間誘電体層58と層間誘電体層52との開口部を満たすためにこの構造に対して金属層74を設けることのできる状態となる。金属層74は、スパッタリングにより付けられたアルミニウム等の単一の金属でもよく、また他の低コストの金属でもよい。しかし、高密度集積回路装置が配線構造に課す要求は複雑であり、図5の構造の開口部を満たすのに多層配線構造を使用するのが一般的である。例えば、開口部64、66の中に露出している開口部の内面に薄い”にかわ”又は接着剤の層を設けるのが望ましいであろう。このにかわ層は、後の一定の種類のプラグ金属の付着を強化することができる。また、このにかわ層は、主として連結構造の金属と基板との間の相互拡散を防ぐ障壁として作用することもできる。適当なにかわ層は、チタン、タングステン、チタン及びタングステンの固溶体、又は代替りの化合物を含み、その多くは窒化チタン等の超硬合金も含む。これらのにかわ層金属は、にかわ層として用いられる金属の性質に応じて、CVD又は物理的蒸着(a physical vapor deposition)プロセスにより蒸着され得るのである。この薄いかわ又は接着剤の層が誘電体層の開口部の内面に形成された後、開口部の残りの部分は、通常はにかわ層として使用される金属とは異なるプラグ金属で満たされる。プラグ金属は、形成される装置及びその装置を形成するために使用されるプロセスの制約条件に応じて、例えば、タングステン、アルミニウム、アルミニウムを含む合金、銅、銅を含む合金、及び他のいろいろな金属である。この技術分野で知られているように、一般にスパッタリング等の物理的蒸着プロセスによってこれらの金属を蒸着することができるけれども、或る種の金属はCVDによって蒸着するのがもっと好まし

## 12

い。構造上に設けられる金属層74は、図6に示されているように過充填されるのが好ましい。

【0022】好ましくは金属CMPプロセスで金属層74の余分の部分を除去することにより、2レベル連結構造の画定が完了する。この研磨プロセスの最終結果は、第2レベル配線76と金属間誘電体層58とを横断して広がる平らな面を設けることである。この様にして、第1レベルの連結構造78と第2レベルの配線76との両方が、金属線間に誘電体材料を付けることを要することなく、単一の酸化物エッチング工程により、設けられる。また、2レベル連結構造を形成するための図1～図7のプロセスでフォトレジスト・マスクが形成される表面がより平らであれば、写真製版工程をより高い精度で行うことができる。最後に、この発明のプロセスは、当然ながら図7に示されているように後の処理工程を容易にする平らな面を設ける。後の処理は、普通は、図7に示されている構造の表面上に更なるレベルの配線を付ける処理を含んでいる。通常、にかわ金属の層が装置の表面に蒸着され、追加の金属がブランケット蒸着され、次に該金属層が第3レベルの配線を画定するためにパターン化される。

【0023】好ましい実施の形態を特別に参照してこの発明を説明したけれども、これらの実施の形態は例として取り上げられているに過ぎないことが理解されなければならない。この発明の基本的教示内容から逸脱せずに、これらの実施の形態から変形や修正を行えることを当業者は容易に理解するであろう。従って、この発明の範囲は、説明を行った好ましい実施の形態に限定されるべきではなくて、この発明の範囲は特許請求の範囲の欄の請求項により決定されなければならない。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の好ましい実施の形態である二重ダマスカスプロセスによる集積回路の製造方法を示す図である。

【図2】 図1に続く製造方法を示す図である。

【図3】 図2に続く製造方法を示す図である。

【図4】 図3に続く製造方法を示す図である。

【図5】 図4に続く製造方法を示す図である。

【図6】 図5に続く製造方法を示す図である。

【図7】 図6に続く製造方法を示す図である。

【図8】 2レベル連結構造を形成するための従来の集積回路の製造方法を示す図である。

【図9】 図8に続く製造方法を示す図である。

【図10】 図9に続く製造方法を示す図である。

【図11】 図10に続く製造方法を示す図である。

【図12】 図11に続く製造方法を示す図である。

【図13】 図12に続く製造方法を示す図である。

【図14】 図13に続く製造方法を示す図である。

【図15】 2レベル連結構造を形成するための二重ダマスカスプロセスによる従来の集積回路の製造方法を示す図である。

す図である。

【図16】 図15に続く製造方法を示す図である。

【図17】 図16に続く製造方法を示す図である。

【図18】 図17に続く製造方法を示す図である。

【図19】 図18に続く製造方法を示す図である。

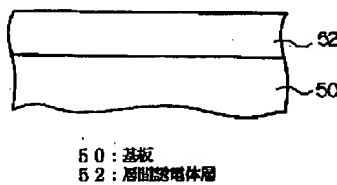
【図20】 図19に続く製造方法を示す図である。

【図21】 図20に続く製造方法を示す図である。

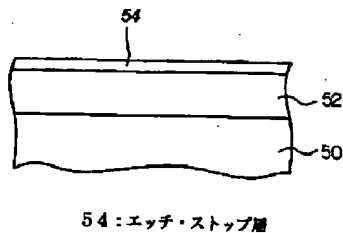
# 【符号の説明】

50 基板、52 層間誘電体層、54 エッチ・ストップ層、56、64、66、68 開口部、58 金属間誘電体層、62 フォトリソグ・マスク、72 テーパー付きの縁、74 金属層、76 第2レベル配線、78 第1レベル連結構造。

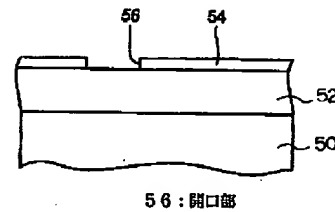
【図1】



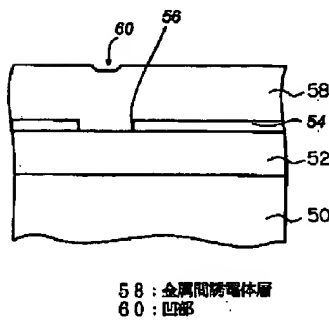
【図2】



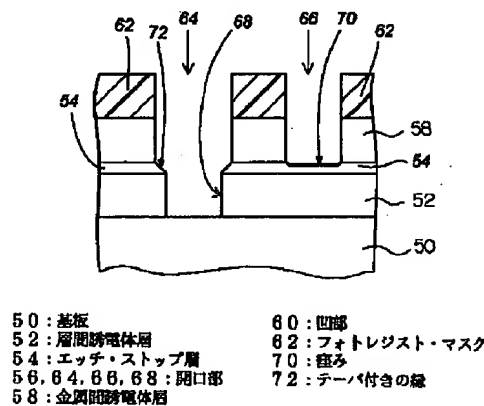
【図3】



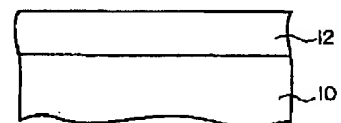
【図4】



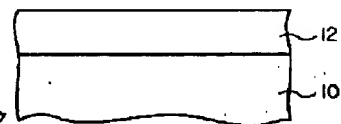
【図5】



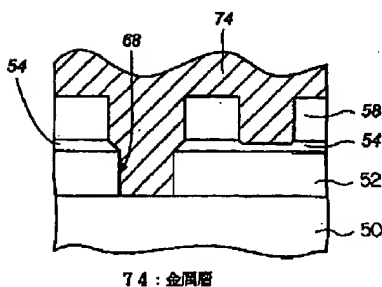
【図8】



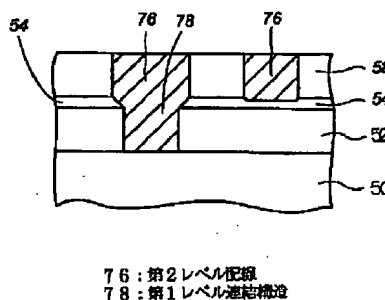
【図15】



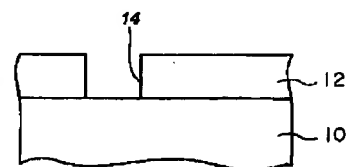
【図6】



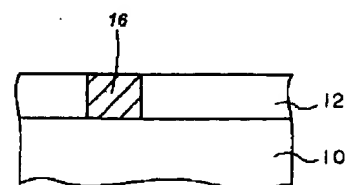
【図7】



【図9】

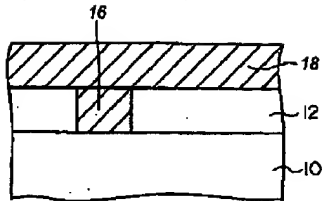


【図10】

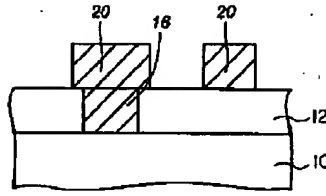




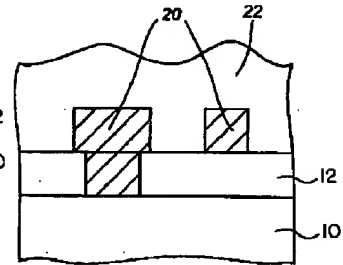
【図11】



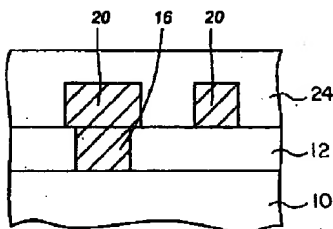
【図12】



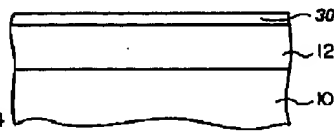
【図13】



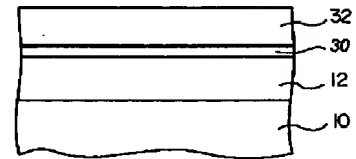
【図14】



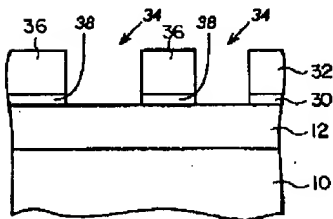
【図16】



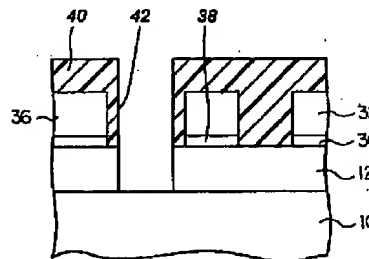
【図17】



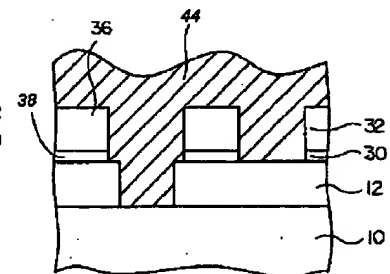
【図18】



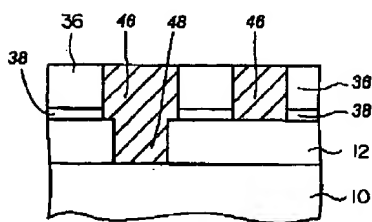
【図19】



【図20】



【図21】



DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 10335456 A  
TITLE: MANUFACTURE OF INTEGRATED CIRCUIT

FPAR:

SOLUTION: An etch stop layer 54 is patterned to form an opening 72

corresponding to a pattern of connection of a 2level connection structure

formed at a first level, on which an intermetallic dielectric layer 58 is

provided, on which a photoresist mask 62 is provided. Openings 64 and 66 in

the mask 62 partially expose the dielectric layer 58 as associated with a

wiring pattern of the connection structure provided at a second level. The

dielectric layer 58 is etched and advanced until an opening 68 is made in a

part of a stop layer 54 of an interlayer dielectric layer 52 exposed to the

opening 72. That is, the openings are defined through a single etching step

for both of the second level wiring and first level connection.

Next, a metal

layer is formed on the structure and excess metal is removed therefrom to

define a second level connection structure.